

(Translation)

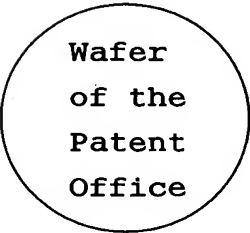
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following
application as filed with this Office.

Date of Application : February 19, 2003

Application Number : Patent Appln. No. 2003-041791

Applicant(s) : SHARP KABUSHIKI KAISHA

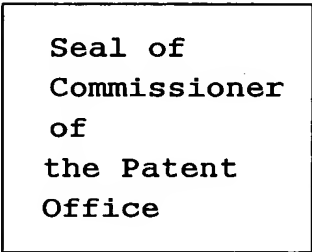


Wafer
of the
Patent
Office

December 16, 2003

Yasuo IMAI

Commissioner,
Patent Office



Seal of
Commissioner
of
the Patent
Office

Appln. Cert. No.

Appln. Cert. Pat. 2003-3104411

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月19日
Date of Application:

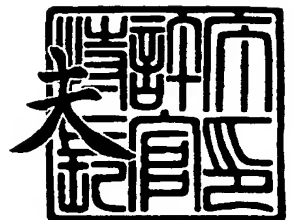
出願番号 特願2003-041791
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-041791]

出願人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2003年12月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3104411



【書類名】 特許願

【整理番号】 02J04825

【提出日】 平成15年 2月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 27/14

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 仲井 淳一

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100078282

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山本 秀策

【選任した代理人】

 【識別番号】 100062409

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 安村 高明

【選任した代理人】

 【識別番号】 100107489

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大塩 竹志

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 001878

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208587

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板の上部に設けられた複数の受光部と、

各受光部上の部分が凹状になるように段差が形成されるとともに、各凹状部分に各受光部に対応する開口部がそれぞれ形成されて、該開口部上に設けられた透明膜と、

該各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光するために、該透明膜上に設けられた複数の層内レンズと、

を具備し、

該層内レンズは、対応する開口部上の所定の位置に設けられていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 前記各層内レンズは、それぞれの光軸が、対応する前記開口部の中心線にそれぞれ一致している請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】 前記透明膜の屈折率は、前記層内レンズの屈折率よりも低い請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 4】 前記透明膜が、リン (P)、または、ボロン (B) の少なくともどちらか一方を含有するシリコン酸化膜から成る請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】 前記透明膜は、有機高分子膜から成る請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 6】 前記各凹状部分は、前記透明膜の選択エッチングによりパターンニングすることによって形成されている請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項 7】 前記各凹状部分は、前記パターンニングの後に熱処理することによって形成されている請求項 6 に記載の半導体装置。

【請求項 8】 半導体基板の上部に、所定の間隔をあけて設けられた複数の受光部および各受光部に対して適当な間隔をあけて設けられた複数の転送チャンネルと、

該半導体基板上に、絶縁膜を介して各転送チャネルに対向するようにそれぞれ設けられた複数の転送電極と、

各転送電極を覆って設けられて、各転送電極間がそれぞれ凹状になるように段差が形成されるとともに、各凹状部分に、該各受光部に対応する開口部がそれぞれ形成されて、該半導体基板上に設けられた遮光膜と、

該遮光膜上に設けられた透明膜と、

該透明膜上に、前記各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光するために設けられた複数の層内レンズと、

を具備し、

該層内レンズは、対応する開口部上の所定の位置に設けられていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】 前記各層内レンズは、それぞれの光軸が、対応する前記開口部の中心線にそれぞれ一致している請求項 8 に記載の半導体装置。

【請求項 10】 半導体基板の上部に複数の受光部を形成する工程と、

各受光部上の部分が凹状になるように段差が形成された遮光膜を該半導体基板上に形成する工程と、

該遮光膜の各凹状部分に、各受光部に対応する開口部をそれぞれ形成する工程と、

該遮光膜上および各開口部内に透明膜を形成する工程と、

該透明膜上に、前記各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光する層内レンズを、対応する開口部上の所定の位置に形成する工程と、

を包含することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 前記各凹状部分は、前記透明膜を選択エッチングしてパターンニングすることによって形成されている請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】 前記パターンニングの後に熱処理が実施される請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、層内レンズを備えたCCD (Charge Coupled Device) 等の固体撮像素子、液晶表示素子等の半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

CCD等のMOS (Metal Oxide Semiconductor) 型固体撮像素子は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、カメラ付き携帯電話、スキャナ、デジタル複写機、ファクシミリ等の様々な用途の電子情報機器に利用されている。

【0003】

固体撮像素子等の半導体装置を備えた電子情報機器が市場において普及するにつれて、固体撮像素子には、画素数の増加、受光感度の向上等の高機能化および高性能化の要求はもとより、小型化、低価格化等の要求も一層強くなっている。

【0004】

このように、固体撮像素子の形状の小型化および画素の高密度化が進むと、固体撮像素子内に組み込まれる各画素の形状および大きさは、ますます縮小され、固体撮像素子の受光感度が低下し、固体撮像素子の基本性能の一つである高受光感度を達成することができず、所定の照度において鮮明な像を撮影することが困難になるおそれがある。

【0005】

このような問題に対して、例えば、特開平4-12568号公報（特許文献1）には、固体撮像素子において、カラーフィルタの上側に、有機高分子材料によってマイクロレンズを形成して、受光感度を向上させる構成が開示されており、さらには、特開2000-164837号公報（特許文献2）、特開平11-40787号公報（特許文献3）に開示されているように、カラーフィルタと受光部との間に設けられた積層構造の内部にも、層内レンズを形成する構成を併用することによって、受光感度をさらに向上させるようになっている。

【0006】

以下に、層内レンズが形成されたCCD固体撮像素子の従来技術の一例を説明する。

【0007】

図3は、層内レンズが形成された半導体装置であるCCD固体撮像素子の1つの画素に対応する概略断面図、図4(a)～(e)は、図3に示すCCD固体撮像素子の製造方法における各工程を示す断面図である。

【0008】

図3に示すCCD固体撮像素子は、半導体基板101の上部に、電荷転送部である複数のCCD転送チャンネル104が所定の間隔をあけて埋め込まれている。隣接するCCD転送チャンネル104の間には、光電変換機能を有する複数の受光部102が、CCD転送チャンネル104とは適当な間隔をあけて埋め込まれている。各画素に対応する各受光部102と一方のCCD転送チャンネル104との間には、読み出しゲート部103が形成されており、受光部102と他方のCCD転送チャンネル104との間には、チャンネルストッパー部105が埋め込まれている。

【0009】

半導体基板101の上部には、読み出しゲート部103を介して隣接する各受光部102およびCCD転送チャンネル104が、チャンネルストッパー部105によって分離された状態で形成されている。半導体基板101の表面には、受光部102、CCD転送チャンネル104、読み出しゲート部103およびチャンネルストッパー部105を被覆する絶縁膜106が、半導体基板101の表面全体にわたって設けられている。

【0010】

絶縁膜106上には、各CCD転送チャンネル104にそれぞれ対応するように、転送電極107が形成されており、各転送電極107が、層間絶縁膜108によって覆われている。絶縁膜106上には、層間絶縁膜108によってそれぞれ覆われた各転送電極107を覆うように、遮光膜109が設けられており、この遮光膜109によって、各転送電極107に光が入射することを防止するようになっている。遮光膜109は、隣接する転送電極107の間の領域では、平坦に

なった絶縁膜 106 上に直接設けられており、従って、各転送電極 107 の間に設けられた受光部 102 上の遮光膜 109 部分と、各転送電極 107 上の遮光膜 109 部分との間に、段差が形成されている。

【0011】

各受光部 102 上に設けられた遮光膜 109 には、各受光部 102 の一部の領域にそれぞれ対応する開口部 109a がそれぞれ設けられている。各開口部 109a には、各受光部 102 の一部の領域が、絶縁膜 106 を介してそれぞれ対向した状態になっており、遮光膜 109 に設けられた各開口部 109a を介して、各受光部 102 に光が入射するようになっている。

【0012】

遮光膜 109 上には、例えば、常圧 CVD 法によって、BPSG (Borophosphosilicate glass) 膜から成る第 1 平坦化膜 110 が形成されている。第 1 平坦化膜 110 は、遮光膜 109 の形状に対応した表面形状になっており、各受光部 102 上において、表面がそれぞれ凹状に窪んだ状態になっている。

【0013】

第 1 平坦化膜 110 上には、シリコン窒化膜等の高屈折率材料から成るレンズ形成層 111 が設けられており、第 1 平坦化膜 110 の凹状に窪んだ部分に、層内レンズ 111a がそれぞれ形成されている。層内レンズ 111a は、受光部 102 上において、下面が下側へ突出した凸形状のレンズ面を有するとともに、上面が上側に突出した凸形状のレンズ面を有している。レンズ形成層 111 は、層内レンズ 111a が形成された部分を除いて平坦化されている。

【0014】

レンズ形成層 111 上には、低屈折材料から成る第 2 平坦化膜 112 が設けられており、第 2 平坦化膜 112 の表面は平坦化されている。第 2 平坦化膜 112 上には、一定の厚さのカラーフィルタ 113 および保護膜 114 がその順番に積層されている。

【0015】

保護膜 114 上には、入射光を各受光部 102 にそれぞれ集光させる複数のマ

マイクロレンズ 115 が各受光部 102 毎にそれぞれ形成されている。各マイクロレンズ 115 は、それぞれの中央部が周縁部よりも厚くなるように上面が上側に突出した形状の凸レンズになっている。各マイクロレンズ 115 は、各受光部 102 と、各受光部の両側に設けられた CCD 転送チャネル 104 側の一部の領域とにそれぞれ対応するように設けられている。

【0016】

次に、図 3 に示す CCD 固体撮像素子の製造方法を説明する。

【0017】

まず、図 4 (a) に示すように、半導体基板 101 に対して、イオン注入等によって、所要の不純物元素を添加し、半導体基板 101 の上部に、複数の CCD 転送チャネル 104 を所定の間隔をあけて形成するとともに、各 CCD 転送チャネル 104 間に、各 CCD 転送チャネル 104 とは適当な間隔をあけて受光部 102 をそれぞれ形成し、さらには、各受光部 102 と一方の CCD 転送チャネル 104 との間の領域に、チャネルストッパー部 105 をそれぞれ形成する。これにより、読み出しゲート部 103 を介して隣接する各受光部 102 および CCD 転送チャネル 104 が、チャネルストッパー部 105 によって分離された状態で、半導体基板 101 の上部に形成される。

【0018】

次に、熱酸化法または CVD 法によって、半導体基板 101 の表面に、例えば SiO_2 等から成る絶縁膜 106 を形成する。

【0019】

その後、CVD 法によって、絶縁膜 106 上に、例えばポリシリコン膜を成膜し、成膜したポリシリコン膜をフォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンニングし、各 CCD 転送チャネル 104 にそれぞれ対応させて、ポリシリコン膜から成る転送電極 107 をそれぞれ形成する。続いて、CVD 法等によって、各転送電極 107 を被覆するように、例えば SiO_2 等から成る層間絶縁膜 108 を形成する。

【0020】

次に、層間絶縁膜 108 によって被覆された各転送電極 107 および隣接する

転送電極 107 間の絶縁膜 106 を覆うように、スパッタ法によって、Ti (チタン)、W (タングステン) 等の高融点金属から成る遮光膜 109 を成膜する。この場合、遮光膜 109 には、各転送電極 107 上部分と、各受光部 102 上部分との間に段差が形成される。続いて、高融点金属からなる遮光膜 109 をフォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンニングし、各受光部 102 の領域に対応して開口部 109a をそれぞれ形成する。

【0021】

次に、図 4 (b) に示すように、開口部 109a が形成された遮光膜 109 上に、例えば、常圧 CVD 法によって、リン (P) およびボロン (B) を所定の濃度に設定した BPSG (Boro-phospho silicate glass) 膜を堆積し、その後、温度 900℃ 以上の高温下でリフロー処理することにより、BPSG 膜からなる第 1 平坦化膜 110 を形成する。この場合、BPSG 膜である第 1 平坦化膜 110 の表面は、遮光膜 109 の段差によって、開口部 109a が設けられている受光部 102 上の領域が、それぞれ凹状に窪んだ状態になる。

【0022】

次に、図 4 (c) に示すように、第 1 平坦化膜 110 上に、例えば、プラズマ CVD 法によって、シリコン窒化膜等の高屈折率材料から成るレンズ形成層 111 を形成し、そのレンズ形成層 111 の表面を平坦化する。

【0023】

次に、レンズ形成層 111 上に、レジスト 117 を所定の厚さに塗布して、各受光部 102 および各受光部 102 の両側部分に対応する位置にレジスト 117 が残るようにパターンニングし、その後、例えば、温度 160℃ 前後でリフロー処理を行う。これにより、図 4 (d) に示すように、各レジスト 117 は、各受光部 102 にそれぞれ対応して、その中央部が周縁部よりも厚く上側に突出した凸レンズ状になる。

【0024】

次に、凸レンズ状のレジスト 117 をマスクとして、ドライエッチングによって、レンズ形成層 111 をエッチングする。この場合、凸レンズ状のレジスト 1

17 およびレンズ形成層 111 に対して、所定のエッチング選択比を設定することによって、図 4 (e) に示すように、レンズ形成層 111 の表面が凸レンズ状のレジスト 117 と同様に、上側に突出した凸レンズ形状にエッチングされる。これにより、各受光部 102 に対向する位置に、下面が下側に突出した凸形状のレンズ面を有するとともに、上面が上側に突出した凸形状のレンズ面を有する層内レンズ 111a が形成される。レンズ形成層 111 は、層内レンズ 111a が形成された部分以外の領域では上面が平坦化されて所定の厚さになっている。

【0025】

続いて、層内レンズ 111a が形成されたレンズ形成層 111 上に、各層内レンズ 111a の集光率を上げるために、低屈折材料から成る第 2 平坦化膜 112 を、レンズ形成層 111 を覆うように形成し、第 2 平坦化膜 112 の表面を平坦化する（図示せず）。

【0026】

その後、第 2 平坦化膜 112 上に、カラーフィルタ 113 および保護膜 114 を順番に積層し、保護膜 114 上に、入射光を各受光部 102 にそれぞれ集光させるマイクロレンズ 115 を、受光部 102 に対向する位置に、受光部 102 の領域から両側に隣接する CCD 転送チャネル 104 にわたって形成する（図示せず）。各マイクロレンズ 115 は、中央部が周縁部よりも厚くなるように上面が上側に突出した凸レンズ状に形成される。

【0027】

このようにして、図 3 に示す CCD 固体撮像素子が得られる。

【0028】

【特許文献 1】

特開平 4-12568 号公報

【特許文献 2】

特開 2000-164837 号公報

【特許文献 3】

特開平 11-40787 号公報

【0029】

【発明が解決しようとする課題】

このようなCCD固体撮像素子の製造方法では、図4（b）に示すように、ボロン（B）およびリン（P）を含むBPSG膜を高温でリフロー処理して、第1平坦化膜110を形成する際に、遮光膜109の段差を利用して、第1平坦化膜110の表面を、層内レンズ111aの下面のレンズ面に対応するように凹状に形成している。このために、層内レンズ111aの下面のレンズ面の中心位置が、開口部109aの中心位置に対してずれるおそれがある。

【0030】

受光部102上の遮光膜109は、読み出しゲート部103側およびチャネルストッパー部105側において、受光部102を遮光する遮光膜109の長さがそれぞれ異なる。このため、読み出しゲート部103側およびチャネルストッパー部105側の遮光膜109のそれぞれの端部は、それぞれ受光部102の中央部に対して左右対称の位置に形成されない。

【0031】

例えば、CCD固体撮像素子の場合、通常、受光部102上の遮光膜109は、チャネルストッパー部105側の遮光膜109が、読み出しゲート部103側の遮光膜109よりも、受光部102を遮光する長さが長く形成され、受光部102をより多く遮光する。

【0032】

これにより、各転送電極107の間に設けられた受光部102上の遮光膜109部分と各転送電極107上の遮光膜109部分との間に形成された遮光膜109の段差に基づいて決定されるリフロー処理後の第1平坦化膜110の表面の凹部の形状中心Cを通る中心線A-A'と、受光部102上の開口部109aの中心部を通る中心線B-B'とは一致しない。また、層内レンズ111aの上面のレンズ面の形状中心C'は、受光部102上の開口部109aの中心部を通る中心線B-B'に一致するように形成されており、第1平坦化膜110の表面の凹部である層内レンズ111aの下面のレンズ面の形状中心Cと、層内レンズ111aの上面のレンズ面の形状中心C'とは、同一中心線上には存在しない。この結果、層内レンズ111aによって集光される光が、効率よく開口部内を通過せ

ず、受光部 102 による受光量が低下し、CCD 固体撮像素子の所望の受光感度が得られないおそれがある。

【0033】

さらに、上記のように BPSG 膜を高温でリフロー処理して、第 1 平坦化膜 110 の表面の凹状に窪んだ状態が、層内レンズ 111a の下面の下側に突出した凸形状のレンズ面を決定するという方法では、層内レンズ 111a の下面のレンズ形状を安定に均一性よく形成できないおそれがある。すなわち、BPSG 膜から成る第 1 平坦化膜 110 を、高温でのリフロー処理により形成される層内レンズ 111a の下面のレンズ形状は、BPSG 膜中のボロン (B) およびリン (P) の濃度、リフロー処理温度、遮光膜 109 の段差による下地の形状等によって影響される。その結果、ウェーハ面内あるいは素子内での層内レンズの集光率の劣化を招き、CCD 固体撮像素子の画質の低下を引き起こすことになる。

【0034】

本発明は、このような課題を解決するものであり、その目的は、層内レンズによって集光される光を、効率よく受光部に受光させることができる半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

【0035】

本発明の他の目的は、層内レンズを安定に製造することができ、層内レンズによる集光効率を向上させることができる半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

【0036】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体装置は、半導体基板の上部に設けられた複数の受光部と、各受光部上の部分が凹状になるように段差が形成されるとともに、各凹状部分に各受光部に対応する開口部がそれぞれ形成されて、該開口部上に設けられた透明膜と、該各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光するために、該透明膜上に設けられた複数の層内レンズと、を具備し、該層内レンズは、対応する開口部上の所定の位置に設けられており、そのことにより上記目的が達成される。

【0037】

また、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記各層内レンズは、それぞれの光軸が、対応する前記開口部の中心線にそれぞれ一致している。

【0038】

さらに、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記透明膜の屈折率は、前記層内レンズの屈折率よりも低い。

【0039】

さらに、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記透明膜が、リン（P）、または、ボロン（B）の少なくともどちらか一方を含有するシリコン酸化膜から成る。

【0040】

さらに、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記透明膜は、有機高分子膜から成る。

【0041】

さらに、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記各凹状部分は、前記透明膜の選択エッチングによりパターンニングすることによって形成されている。

【0042】

さらに、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記各凹状部分は、前記パターンニングの後に熱処理することによって形成されている。

【0043】

本発明の半導体装置は、半導体基板の上部に、所定の間隔をあけて設けられた複数の受光部および各受光部に対して適当な間隔をあけて設けられた複数の転送チャネルと、該半導体基板上に、絶縁膜を介して各転送チャネルに対向するようにそれぞれ設けられた複数の転送電極と、各転送電極を覆って設けられて、各転送電極間がそれぞれ凹状になるように段差が形成されるとともに、各凹状部分に、該各受光部に対応する開口部がそれぞれ形成されて、該半導体基板上に設けられた遮光膜と、該遮光膜上に設けられた透明膜と、該透明膜上に、前記各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光するために設けられた複数の層内レンズと、を具備し、該層内レンズは、対応する開口部上の所定の位置に設けられており、そのことにより上記目的が達成される。

【0044】

また、好ましくは、本発明の半導体装置において、前記各層内レンズは、それぞれの光軸が、対応する前記開口部の中心線にそれぞれ一致している。

【0045】

本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板の上部に複数の受光部を形成する工程と、各受光部上の部分が凹状になるように段差が形成された遮光膜を該半導体基板上に形成する工程と、該遮光膜の各凹状部分に、各受光部に対応する開口部をそれぞれ形成する工程と、該遮光膜上および各開口部内に透明膜を形成する工程と、該透明膜上に、前記各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光する層内レンズを、対応する開口部上の所定の位置に形成する工程と、を包含するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0046】

また、本発明の半導体装置の製造方法において、前記各凹状部分は、前記透明膜を選択エッチングしてパターニングすることによって形成されている。

【0047】

さらに、本発明の半導体装置の製造方法において、前記パターニングの後に熱処理が実施される。

【0048】

上記構成により、以下、その作用を説明する。

【0049】

本発明の半導体装置は、各受光部に光をそれぞれ集光する複数の層内レンズが、透明膜上に設けられ、対応する開口部上の所定の位置に設けられており、これにより、各転送電極の間に設けられた受光部上の遮光膜部分と、各転送電極上の遮光膜部分との間の段差等の下地の形状に影響されずに、各開口部を通してその下方の受光部に対する集光率が増加し、各受光部の受光量が増加する。

【0050】**【発明の実施の形態】**

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0051】

図1は、本発明の実施形態の層内レンズが形成された半導体装置であるCCD固体撮像素子の1つの画素に対応する概略断面図である。

【0052】

図1に示すCCD固体撮像素子は、半導体基板11の上部に、電荷転送部である複数のCCD転送チャネル14が所定の間隔をあけて埋め込まれている。隣接するCCD転送チャネル14の間には、光電変換機能を有する複数の受光部12が、隣接する各CCD転送チャネル14とは、それぞれ適当な間隔をあけて埋め込まれている。各受光部12は、各画素にそれぞれ対応している。

【0053】

各受光部12と、各受光部12に対して一方の側方に隣接するCCD転送チャネル14との間には、半導体基板11の上部に読み出しゲート部13がそれぞれ形成されており、各受光部12と他方の側方に隣接するCCD転送チャネル14との間には、チャンネルストッパー部15がそれぞれ半導体基板11の上部に埋め込まれている。このように、半導体基板11の上部に設けられた受光部12は、読み出しゲート部13を介して一方のCCD転送チャネル14に隣接し、チャンネルストッパー部15によって他方のCCD転送チャネル14とは分離された状態になっている。

【0054】

半導体基板11の表面には、受光部12、CCD転送チャネル14、読み出しゲート部13およびチャンネルストッパー部15を被覆する絶縁膜16が、半導体基板11の表面全体にわたって行って一定の厚さで設けられている。絶縁膜16は、透光性材料によって構成されている。

【0055】

絶縁膜16上には、半導体基板11に設けられた各CCD転送チャネル14と絶縁膜16を介してそれぞれ対向するように、ポリシリコン、タングステンシリサイド等によって構成された転送電極17が形成されており、各転送電極17が、層間絶縁膜18によって覆われている。層間絶縁膜18は、各転送電極17の表面をそれぞれ覆っており、隣接する転送電極17の間に位置する絶縁膜16上には設けられていない。

【0056】

半導体基板 11 上には、各転送電極 17 をそれぞれ覆う層間絶縁膜 18 および各転送電極 17 の間の絶縁膜 16 を覆う遮光膜 19 が設けられている。この遮光膜 19 は、タングステンシリサイド、チタンタングステン等によって構成されている。この遮光膜 19 によって、各転送電極 17 に光が入射することが防止される。遮光膜 19 は、隣接する転送電極 17 の間の領域では、平坦になった絶縁膜 16 上に直接設けられている。従って、各転送電極 17 の間に設けられた受光部 12 上の遮光膜 19 部分と、各転送電極 17 上の遮光膜 19 部分との間に、段差が形成されており、受光部 12 上に設けられた遮光膜 19 の表面は、凹状に窪んだ状態になっている。

【0057】

各受光部 12 上に設けられた遮光膜 19 には、各受光部 12 の一部の領域にそれぞれ対応する開口部 19a がそれぞれ設けられている。各開口部 19a 内には、各受光部 12 の一部の領域が、絶縁膜 16 を介してそれぞれ露出した状態になっており、各開口部 19a を通過する光が、絶縁膜 16 を介して各受光部 12 に入射するようになっている。

【0058】

遮光膜 19 に設けられた各開口部 19a は、対応する受光部 12 に隣接した読み出しゲート部 13 に近接した部分、すなわち、対応する受光部 12 に隣接したチャンネルストッパー部 15 の遠方側に設けられており、従って、各開口部 19a の中心位置が、対応する受光部 12 に隣接する読み出しゲート部 13 およびチャンネルストッパー部 15 の間において、チャンネルストッパー部 15 よりも読み出しゲート部 13 に近接するように設けられている。従って、各受光部 12 は、隣接するチャンネルストッパー部 15 に近接した部分が、隣接する読み出しゲート部 13 に近接した部分よりも、遮光膜 19 によって多く遮光されている。

【0059】

遮光膜 19 上および遮光膜 19 に設けられた各開口部 19a 内には、例えば、常圧 CVD 法によって、BPSG (Borophosphosilicate glass) 膜から成る透明膜 20 が形成されている。尚、透明膜 20 とし

ては、有機高分子膜を用いても良い。透明膜 20 の表面には、各受光部 12 上に位置する遮光膜 19 の凹状部分によって、円弧状に窪んだ凹部がそれぞれ設けられている。

【0060】

透明膜 20 上には、シリコン窒化膜等の高屈折率材料から成るレンズ形成層 21 が設けられており、透明膜 20 の円弧状に窪んだ凹部上に、層内レンズ 21a がそれぞれ形成されている。層内レンズ 21a は、上面および下面が、それぞれ円弧状に突出したレンズ面を有する凸レンズ形状になっており、上面および下面の中心 E および E' を結ぶ軸心線である光軸が、受光部 12 上の各開口部 19a の中心線（各開口部 19a の中心を通る半導体基板 11 に垂直な線）に一致し、直線 D-D' 上に位置している。

【0061】

レンズ形成層 21 は、層内レンズ 21a が形成された部分を除いて平坦になっている。層内レンズ 21a を構成するレンズ形成層 21 は、透明膜 20 よりも高い屈折率になっている。

【0062】

このように、層内レンズ 21a の光軸が、各開口部 19a の中心線である軸心に一致させることによって、各開口部 19a を通ってその下方の受光部 12 に対する集光率が増加し、各受光部 12 の受光量が増加する。また、必要とあれば、層内レンズ 21a の光軸の位置を、開口部 19a の中心線に対して所望の方向に所望の量だけオフセットを入れてずらすことも可能である。

【0063】

レンズ形成層 21 上には、低屈折材料から成る平坦化膜 22 が一定の厚さで設けられており、平坦化膜 22 の表面は平坦化されている。平坦化膜 22 上には、それぞれが一定の厚さのカラーフィルタ 23 および保護膜 24 がその順番に積層されている。

【0064】

保護膜 24 上には、各層内レンズ 21a に対応してマイクロレンズ 25 がそれぞれ設けられている。各マイクロレンズ 25 は、入射する光を各受光部 12 にそ

れぞれ集光させて、各層内レンズ 21 a による集光率を向上させるようになって
いる。各マイクロレンズ 25 は、上面が円弧状に突出した凸レンズ形状になって
おり、それぞれの光軸が、対応する各層内レンズ 21 a の光軸にそれぞれ一致し
た状態になっている。各マイクロレンズ 25 は、各受光部 12 およびその両側部
分を覆った状態になっており、隣接するマイクロレンズ 25 同士が相互に密接し
た状態になっている。

【0065】

このような構成の半導体装置である CCD 固体撮像素子では、マイクロレンズ
25 に光が照射されると、マイクロレンズ 25 によって光が集光されて、その下
方の層内レンズ 21 a に照射される。そして、層内レンズ 21 a に照射される光
が、層内レンズ 21 a によってさらに集光されて、遮光膜 19 に設けられた開口
部 19 a を通って、受光部 12 に照射される。

【0066】

この場合、層内レンズ 21 a の光軸が、下方の開口部 19 a の中心軸と一致し
ているために、層内レンズ 21 a によって集光される光が、開口部 19 a の内部
に効率よく照射されることになり、受光部 12 は効率よく光を受光し、受光部の
受光量が増加する。

【0067】

受光部 12 にて受光された光は、転送電極 17 に電圧が印加されることによっ
て、読み出しゲート部 13 を介して CCD 転送チャネル 14 に移送される。

【0068】

このように、マイクロレンズ 25 と層内レンズ 21 a との集光効果によって、
高感度および高画質の CCD 固体撮像素子が得られる。

【0069】

次に、図 1 に示す本発明の層内レンズが形成された半導体装置である CCD 固
体撮像素子の製造方法を説明する。

【0070】

図 2 (a) ~ (e) は、それぞれ、図 1 に示す本発明の CCD 固体撮像素子の
製造方法における各工程を示す断面図である。

【0071】

まず、図2(a)に示すように、半導体基板11に対して、イオン注入等によって、所要の不純物元素を添加し、半導体基板11の上部に、複数のCCD転送チャンネル14を所定の間隔をあけて形成するとともに、各CCD転送チャンネル14間に、各CCD転送チャンネル14とは適当な間隔をあけて受光部12をそれぞれ形成し、さらには、各受光部12と、各受光部12の一方の側方に隣接するCCD転送チャンネル14との間の領域に、チャンネルストッパー部15をそれぞれ形成する。これにより、読み出しゲート部13を介して隣接する各受光部12およびCCD転送チャンネル14が、チャンネルストッパー部15によって分離された状態で、半導体基板11の上部に形成される。

【0072】

次に、熱酸化法またはCVD法によって、半導体基板11の表面に、例えば、 SiO_2 等から成る絶縁膜16を形成する。

【0073】

その後、CVD法等によって、絶縁膜16上に、ポリシリコン膜等を成膜し、または、スパッタ法等によって、絶縁膜16上に、タングステンシリサイド等を成膜し、成膜したポリシリコン膜またはタングステンシリサイドを、フォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンニングし、各CCD転送チャンネル14にそれぞれ対応させて、ポリシリコン膜またはタングステンシリサイドから成る転送電極17をそれぞれ形成する。続いて、CVD法等によって、各転送電極17を被覆するように、例えば SiO_2 等から成る層間絶縁膜18を形成する。

【0074】

次に、層間絶縁膜18によって被覆された各転送電極17および隣接する転送電極17間の絶縁膜16を覆うように、スパッタ法等によって、タングステンシリサイド、チタンタングステン(TiW)等の高融点金属から成る遮光膜19を成膜する。この場合、遮光膜19には、各転送電極17上部分と、各受光部12上部分との間に段差が形成される。続いて、高融点金属から成る遮光膜19をフォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンニングし、各受光部12の領域に対応して開口部19aをそれぞれ形成する。

【0075】

遮光膜19に設けられた各開口部19aは、対応する受光部12に隣接した読み出しゲート部13に近接した部分、すなわち、対応する受光部12に隣接したチャンネルストッパー部15の遠方側に設けられている。このため、各開口部19aの中心位置は、対応する受光部12に隣接する読み出しゲート部13およびチャンネルストッパー部15の間において、チャンネルストッパー部15よりも読み出しゲート部13に近接するように設けられている。したがって、各受光部12は、隣接するチャンネルストッパー部15に近接した部分が、隣接する読み出しゲート部13に近接した部分よりも、遮光膜19によって多く遮光されている。

【0076】

さらに、遮光膜19上および遮光膜19上に設けられた各開口部19a内に、例えば、常圧CVD法によって、リン(P)およびボロン(B)を所定の濃度を設定したBPSG(Boro-phospho silicate glass)膜を堆積する。この場合、BPSG膜は、膜厚が900nmになるように堆積され、また、リフロー処理時にBPSG膜の表面が平坦になるように、ボロン(B)の濃度が4.2wt%、リン(P)の濃度が4.9wt%に設定されている。続いて、温度950℃、20分間のリフロー処理を行ないBPSG膜から成る表面が平坦な透明膜20aを形成する。

【0077】

ここで、上記のリフロー処理によって、透明膜20aの表面を十分に平坦化できない場合、遮光膜19上および遮光膜19上に設けられた各開口部19a内に、膜厚の厚いBPSG膜を予め堆積して、リフロー処理を行った後にBPSG膜の表面全体を、例えば、プラズマエッチングによって、エッチバックを行いBPSG膜の表面の平坦度を上げると同時に、遮光膜19上にBPSG膜から成る所望の膜厚の透明膜20aを形成しても良い。

【0078】

次に、上記の透明膜20a上に、スピンコーターによって膜厚1.0μmのフォトレジストを塗布し、温度90℃のホットプレートにて2分間乾燥する。続い

て、通常、半導体プロセス工程にて使用するフォトリソ技術を用いてフォトレジストをパターニングし、図2 (b) に示すように、受光部12に対応する透明膜20a上に、層内レンズを形成する領域を囲む所定の位置にレジストパターン28を形成する。レジストパターン28は、層内レンズの軸心線である光軸と、受光部12に対応する絶縁膜16上の開口部19aの中心線とが一致するように形成される。

【0079】

その後、温度120℃のホットプレートにて2分間乾燥させ、レジストパターン28をマスクとしてプラズマエッチングによって、レジストパターン28に囲まれた透明膜20aの表面のみを選択的にエッチングし、受光部12に対応する透明膜20aの表面に円弧状に窪んだ凹部となる下側に円弧状に突出した凸レンズ形状のレンズ型パターン29が設けられた透明膜20を形成する。透明膜20には、有機高分子膜を用いても良い。レンズ型パターン29は、レンズ型パターン29の中心を通る光軸が、受光部12に対応する開口部19aの中心線と一致するように形成される。この場合、プラズマエッチングの条件は、エッチング用ガスとしてSF₆を使用し、RFパワー250W、圧力53Pa、温度100℃である。

【0080】

プラズマエッチング処理の後、レジストパターン28を通常の半導体プロセス工程にて使用される方法にて剥離する。そして、必要であれば再度高温の熱処理を行い上記のレンズ型パターン29を熱変形させても良い。

【0081】

次に、図2 (c) に示すように、BPSG膜から成る透明膜20上に、例えば、プラズマCVD法によって、シリコン窒化膜等の高屈折率材料から成る膜厚900nmのレンズ形成層21を形成し、そのレンズ形成層21の表面を平坦化する。

【0082】

次に、レンズ形成層21上に、レジスト27を所定の厚さに塗布して、フォトリソグラフィによって、各受光部12上のレンズ型パターン29に対向する位置

にレジスト 27 が残るようにパターンニングし、その後、例えば、温度 150℃ にてリフロー処理を行う。これにより、図 2 (d) に示すように、各レジスト 27 は、各受光部 12 上のレンズ型パターン 29 に対向して、その中央部が周縁部よりも厚く上側に円弧状に突出した凸レンズ状になる。

【0083】

次に、凸レンズ状のレジスト 27 をマスクとして、ドライエッチングによって、レンズ形成層 21 をエッチングする。この場合、凸レンズ状のレジスト 27 およびレンズ形成層 21 に対して、所定のエッチング選択比を設定することによって、図 2 (e) に示すように、レンズ形成層 21 の表面が凸レンズ状のレジスト 27 と同様に、上側に円弧状に突出した凸レンズ形状にエッチングされる。これにより、各受光部 12 に対向する位置に、下面が下側に円弧状に突出した凸レンズ形状のレンズ面を有するとともに、上面が上側に円弧状に突出した凸レンズ形状のレンズ面を有する層内レンズ 21a が形成される。層内レンズ 21a は、図 1 に示すように、受光部 12 に対向する層内レンズ 21a の上面および下面が、それぞれ円弧状に突出したレンズ面を有する凸レンズ形状になっており、上面および下面のそれぞれの中心 E' および E を結ぶ軸心線である光軸位置が、受光部 12 上の開口部 19a の中心線に一致し、直線 D-D' 上に位置するように形成される。この結果、層内レンズ 21a によって集光される光が、開口部 19a の内部に効率よく照射されることになり、受光部 12 は効率よく光を受光し、受光部の受光量が増加して、CCD 固体撮像素子の所望の受光感度を得られる。レンズ形成層 21 は、層内レンズ 21a が形成された部分以外の領域では上面が平坦化されて所定の厚さになっている。

【0084】

続いて、層内レンズ 21a が形成されたレンズ形成層 21 上に、各層内レンズ 21a の光の集光量を上げるために、低屈折材料から成る膜厚 1.0 μm の平坦化膜 22 をレンズ形成層 21 を覆うように形成し、平坦化膜 22 の表面を平坦化する（図示せず）。平坦化膜 22 は、例えば、熱硬化性アクリル樹脂である JSR（株）製のオプトマー SS-1151 等であれば良い。

【0085】

その後、平坦化膜 22 上に、緑 (G)、赤 (R)、青 (B) それぞれの分光特性を有する顔料を分散したネガ型レジストを塗布し、フォトリソグラフィによって、ネガ型レジストを所望のパターンに加工し、カラーフィルタ 23 を積層する (図示せず)。カラーフィルタ 23 上には、例えば、JSR (株) 製のオプトマー SS-1151 等の熱硬化性アクリル樹脂を塗布し、熱硬化性アクリル樹脂から成る膜厚 $0.7\ \mu\text{m}$ の保護膜 24 を積層する。さらに、保護膜 24 上に、入射光を各受光部 12 にそれぞれ集光させる複数のマイクロレンズ 25 を、受光部 12 に対向する位置に、受光部 12 の領域から隣接する CCD 転送チャネル 14 にわたって形成する (図示せず)。各マイクロレンズ 25 は、中央部が周縁部よりも厚くなった上側に円弧状の突出した凸レンズ形状に形成される。

【0086】

このようにして、図 1 に示す本発明の CCD 固体撮像素子が得られる。

【0087】

また、図 1 および 2 に示す透明膜 20 には、一般に BPSG 膜および PSG (Phosphosilicate glass) 膜が使用され、例えば、CVD 法によって、約 $300\sim 700\text{ nm}$ の膜厚で形成された後、温度約 $900\sim 1000^\circ\text{C}$ にて高温リフロー処理を行いメタル配線の下に絶縁膜となる。

【0088】

本発明の半導体装置である CCD 固体撮像素子では、透明膜 20 に対して、フォトリソ技術によって所望のパターンにパターニングされたレジストパターン 28 をマスクとして、プラズマエッチングを用いて選択的にエッチングして、層内レンズ 21a の下面の下側に円弧状に突出した凸レンズ形状のレンズ型パターン 29 を形成し、レンズ型パターン 29 の中心位置を決定する。レンズ型パターン 29 の形状をさらに凸レンズ形状に近づけ、各受光部 12 における集光率を上げる必要がある場合には、上記の選択エッチング後に高温リフロー処理を行うか、または、選択エッチングの前後の工程にて最適条件でそれぞれ熱処理を行っても良い。

【0089】

また、本発明の半導体装置である CCD 固体撮像素子の製造方法では、フォトリソ技術によってレジストパターン 28 のパターンニングを行うために、受光部 12 に対向する層内レンズ 21a が形成される位置は、各転送電極 17 の間に設けられた受光部 12 上の遮光膜 19 部分と、各転送電極 17 上の遮光膜 19 部分との間に形成される遮光膜 19 の段差等の下地の形状に影響されずに、層内レンズ 21a の下面となるレンズ型パターン 29 の中心位置と、受光部 12 上の開口部 19a の中心線とが、直線 D-D' に一致する所望の位置に配置される。これにより、本発明の CCD 固体撮像素子は、各受光部 12 にて最適な集光率が得られる。また、必要とあれば、層内レンズ 21a の光軸の位置を、開口部 19a の中心線に対して所望の方向に所望の量だけオフセットを入れずらすことも可能である。

【0090】

層内レンズ 21a の材料は、レンズとしての集光率を上げるために屈折率の高い材料を使用し、例えば、プラズマ CVD 法によってシリコン窒化膜（屈折率＝2.0）または有機材料であるポリイミド樹脂（屈折率＝1.6～1.8）が用いられる。さらに、受光部 12 の集光率を上げる場合には、図 2（e）にて説明したように、層内レンズ 21a の上面を、レンズ型パターン 29 の形状に対応するように上側に円弧状に突出した凸レンズ形状のレンズ面にすれば良い。

【0091】

また、図 1 および 2 に示す本発明の実施形態においては、CCD 固体撮像素子に適用して説明したが、本発明の層内レンズが形成された半導体装置およびその製造方法は、MOS 型固体撮像素子等の他の固体撮像素子、液晶表示素子等についても適用することができ、上述の実施形態と同様に、層内レンズ、平坦化膜、保護膜およびマイクロレンズの厚さと、それらの形成条件とを規定して、所望の形状の層内レンズ付き半導体装置が得られる。

【0092】

また、本発明の層内レンズ付き半導体装置およびその製造方法は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他さまざまな構成を取り得る。

【0093】

また、本発明の層内レンズ付き半導体装置に使用できる半導体基板としては、通常、半導体装置を形成するために使用される半導体基板であれば特に限定されるものではない。例えば、シリコン、ゲルマニウム等の半導体およびSiC、SiGe、GaAs、Al-GaAs等の化合物半導体から成る半導体基板を使用することができる。上記の半導体基板の中でも、特に、シリコン基板が好ましい。このシリコン基板には、n型またはp型の不純物がドーピングされていても良いし、n型またはp型のウェル領域を1つ以上有していても良い。

【0094】

また、上記の半導体基板には、受光部または発光部が形成されていても良い。受光部または発光部には、CCDおよびCMOSイメージセンサ、CMD、チャージインジェクションデバイス、バイポーライメージセンサ、光導電膜イメージセンサ、積層型CCD、赤外イメージセンサ等のいわゆる固体撮像素子のみならず、半導体集積回路の製造工程において製造される受光素子、発光ダイオード等の発光素子、または、液晶パネル等の光透過制御素子等の種々の装置の受光部または発光部として使用されるものの全てが含まれる。

【0095】

さらに、本発明の層内レンズ付き半導体装置の製造方法は、半導体基板上に透明材料からなる透明膜20を設けた後、選択エッチングによって、透明膜20の所定の位置に円弧状に窪んだ凹部となるレンズ型パターン29を形成する工程と、必要であれば熱処理を施して透明膜20を所望の形状にリフロー処理させた後、透明膜20上に層内レンズ21aを形成する工程とを有する。これにより、均一で所望の形状の層内レンズ21aを安定に形成することができ、高品質および高感度の層内レンズ付き半導体装置が得られる。

【0096】**【発明の効果】**

本発明の半導体装置は、各受光部に光をそれぞれ集光する複数の層内レンズが、透明膜上に設けられ、対応する開口部上の所定の位置に設けられていることによって、層内レンズによって集光される光を、効率よく受光部に受光させること

ができる。

【0097】

本発明の半導体装置の製造方法は、透明膜上に、各開口部を介して対応する各受光部に光をそれぞれ集光する層内レンズを、対応する開口部上の所定の位置に形成することによって、層内レンズを安定に製造することができ、層内レンズによる集光効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態の層内レンズ付きCCD固体撮像素子である半導体装置の各画素に対応する概略断面図である。

【図2】

(a)～(e)は、本発明の層内レンズ付きCCD固体撮像素子である従来の半導体装置の製造方法における各工程を示す断面図である。

【図3】

層内レンズ付きCCD固体撮像素子である従来の半導体装置の各画素に対応する概略断面図である。

【図4】

(a)～(e)は、層内レンズ付きCCD固体撮像素子である従来の半導体装置の製造方法における各工程を示す断面図である。

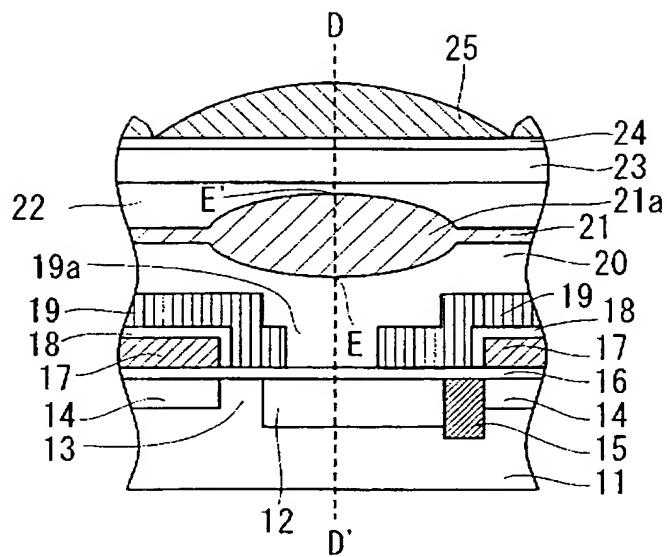
【符号の説明】

- 11 半導体基板
- 12 受光部
- 13 読み出しゲート部
- 14 CCD転送チャネル
- 15 チャネルストッパー部
- 16 絶縁膜
- 17 転送電極
- 18 層間絶縁膜
- 19 遮光膜

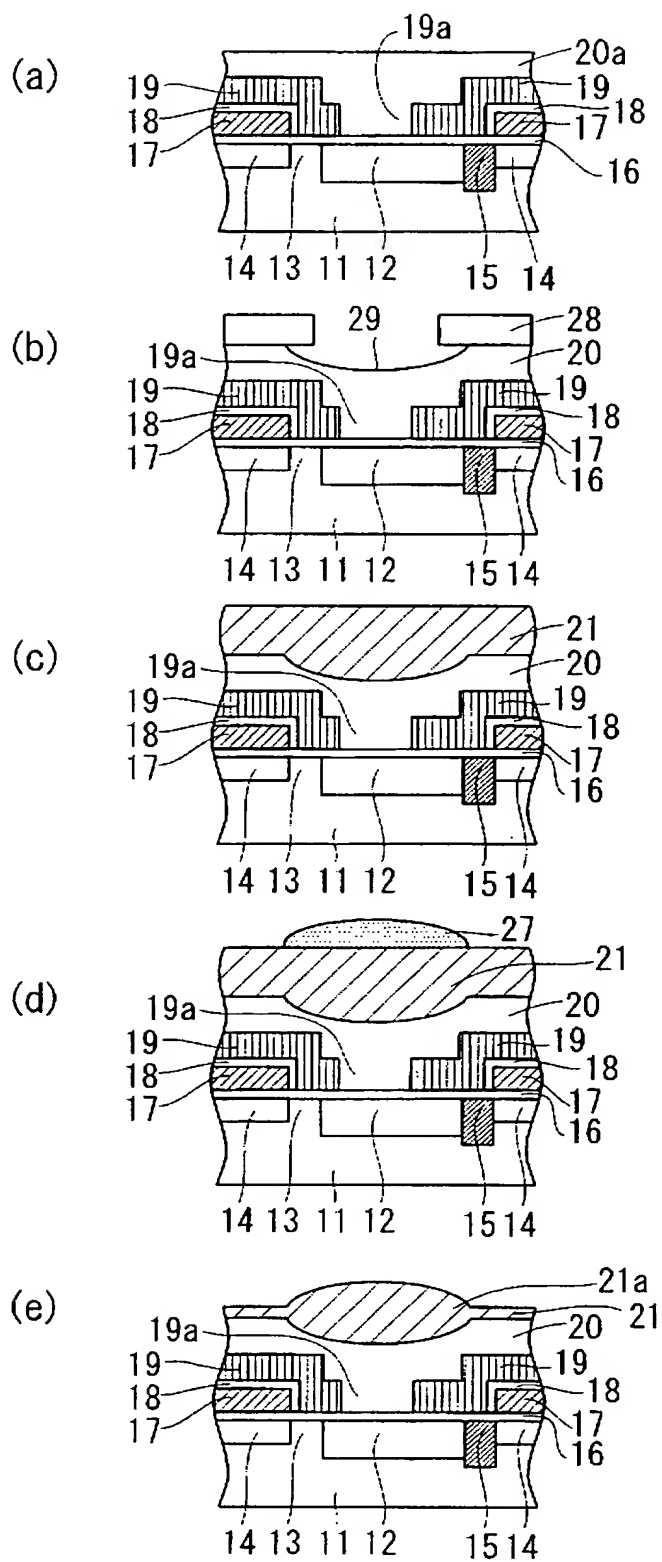
- 1 9 a 開口部
- 2 0 透明膜
- 2 0 a 透明膜
- 2 1 レンズ形成層
- 2 1 a 層内レンズ
- 2 2 平坦化膜
- 2 3 カラーフィルタ
- 2 4 保護膜
- 2 5 マイクロレンズ
- 2 7 レジスト
- 2 8 レジストパターン
- 2 9 レンズ型パターン

【書類名】 図面

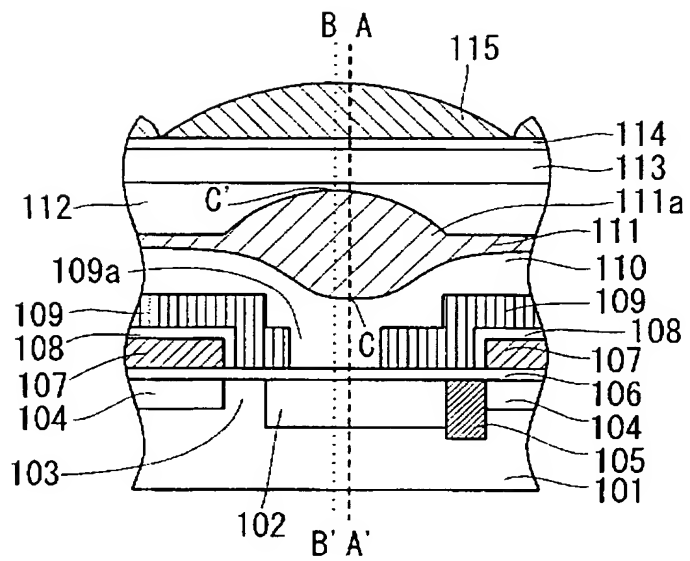
【図 1】



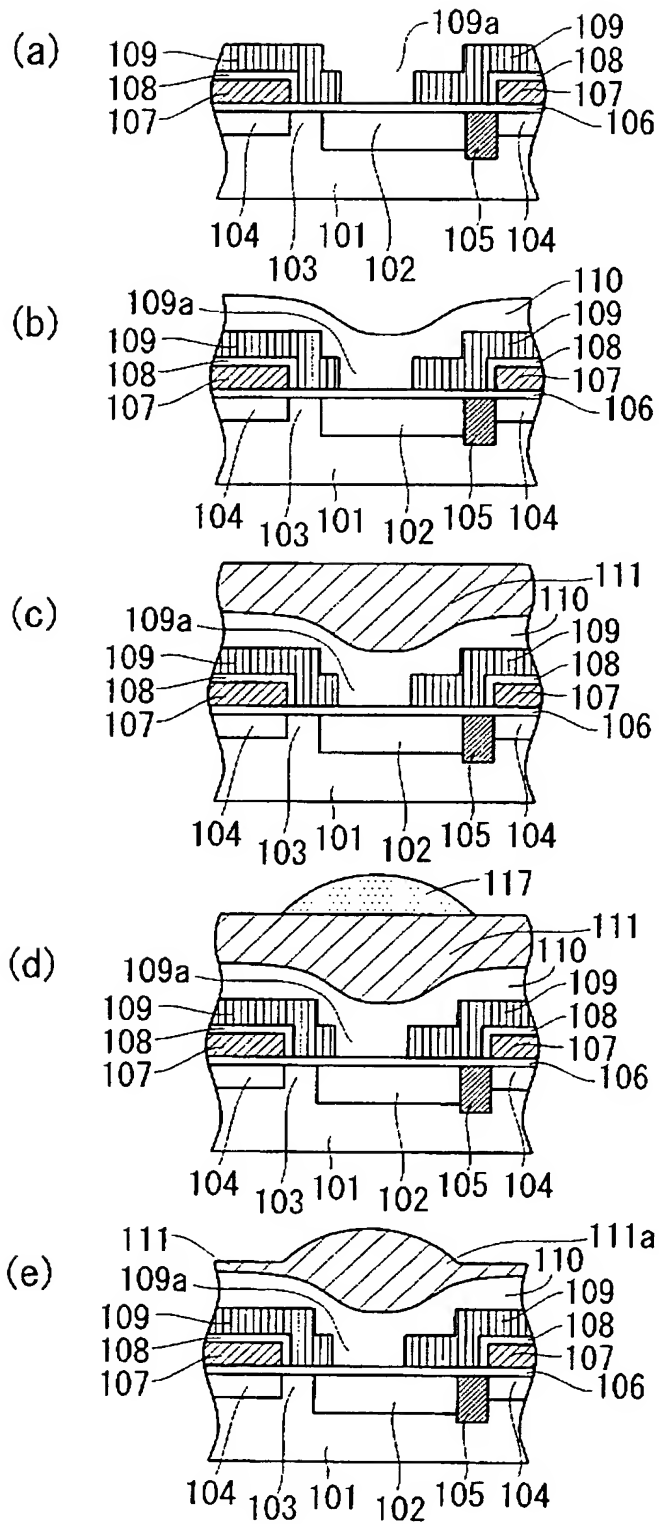
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 層内レンズによって集光される光を、効率よく受光部に受光させる。

【解決手段】 半導体基板 1 1 の上部に設けられた複数の受光部 1 2 と、各受光部 1 2 上の部分が凹状になるように段差が形成されるとともに、各凹状部分に各受光部 1 2 に対応する開口部 1 9 a がそれぞれ形成されて、該開口部 1 9 a 上に設けられた透明膜 2 0 と、各開口部 1 9 a を介して対応する各受光部 1 2 に光をそれぞれ集光するために、透明膜 2 0 上に設けられた複数の層内レンズ 2 1 a と、を具備し、層内レンズ 2 1 a は、対応する開口部 1 9 a 上の所定の位置に設けられている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-041791
受付番号	50300266850
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 2月20日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005049
【住所又は居所】	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
【氏名又は名称】	シャープ株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100078282
【住所又は居所】	大阪府大阪府中央区城見1丁目2番27号 クリスタル タワー15階
【氏名又は名称】	山本 秀策

【選任した代理人】

【識別番号】	100062409
【住所又は居所】	大阪府大阪府中央区城見1丁目2番27号 クリ スタルタワー15階 山本秀策特許事務所
【氏名又は名称】	安村 高明

【選任した代理人】

【識別番号】	100107489
【住所又は居所】	大阪府大阪府中央区城見一丁目2番27号 クリスタル タワー15階 山本秀策特許事務所
【氏名又は名称】	大塩 竹志

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 4 1 7 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社